

Exercice 1

Sur l'étiquette d'une bouteille d'eau minérale, on peut lire les indications données dans le tableau ci-dessous :

Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	pH	conductivité (µs/cm)	T (°C)
68	32,4	80,5	2,34	274,5	106,5	96	31	7,5	940	20

1. Calculer la concentration en méq/l de chaque élément minéral en donnant un exemple de calcul.
2. Calculer la somme de la concentration des anions et celle des cations en méq/l.
3. Vérifier le bilan ionique. Interpréter le résultat.
4. Donner la valeur des paramètres suivants : TA, TAC, TH, TH_{Ca} et TH_{Mg} en °F.
5. Calculer la dureté permanente si elle existe. A quoi correspond- elle ?
6. Que pouvez-vous dire de la minéralisation de cette eau ?

Exercice n°2

Soit un échantillon d'eau naturelle non traité, on a effectué les analyses suivantes :

Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
Température (°C)	24	Cl ⁻ (mg/l)	28,5
pH	7,6	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	84
Conductivité (µS/cm)	728	NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,49
Turbidité (NTU)	5,8	NO ₃ ⁻ (mg/l)	9,40
O ₂ dissous (mg/l)	4,6	NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,17
Acidité totale (°F)	2,4	PO ₄ ²⁻ (mg/l)	0,35
TAC (°F)	19,7	Résidu sec (mg/l) à 110 (°C)	684
TH(°F)	30	Oxy KMnO ₄ (mgO ₂ /l)	14,80
Ca ²⁺ (mg/l)	73	Métaux lourds (pb, Cr, Cd, Ni, ...)	Non déterminer
Mg ²⁺ (mg/l)	29	Fe ²⁺ , Al ³⁺ , Zn ²⁺ , Mn ²⁺	Non déterminer
Na ⁺ (mg/l)	17	DCO (mg/l)	20,5
K ⁺ (mg/l)	3,5	DBO ₅ (mg O ₂ /l)	2,2

1. Quel type d'analyse a-t-on réalisé ? (analyse sommaire ou complète justifier)
2. Que peut-on dire de la conductivité ?
3. En tenant compte de la valeur du pH déterminer le TA et le TAF (les définir avant) ? quel type d'acidité et d'alcalinité à t'on ?
4. Déterminer la valeur de la dureté liée aux chlorures et aux sulfates ?
5. Comment expliquer la différence des valeurs entre l'oxydabilité au KMNO₄ et la DCO ?
6. Calculer le rapport DCO/DBO₅. Conclure ?
7. On comparant la DBO₅ et O₂ dissous que peut-on dire de la qualité de l'eau ?
8. A partir des valeurs des paramètres mesurés, pouvez-vous donner l'origine de cette eau ? justifier ?
9. Etablir le bilan ionique des analyses des éléments minéraux ?

Sachant que : Ca = 40, Mg = 24, Na=23, K = 39, H= 1, O = 16, C = 12, Cl = 35,5, S = 32, N = 14, P= 30,97(g/mol).

Cond < 100 µS/cm ----- Eau peu minéralisée (à minéralisation faible).

100µS/cm < Cond < 1000 µS/cm ----- Eau à minéralisation moyenne.

Cond > 1000 µS/cm ----- Eau très minéralisée (fortement minéralisée).

Cond > 10000 µS/cm ----- Eau saumâtre (ne peut être utilisée ni pour l'AEP ni pour l'irrigation)

Solution exercice n°2

1. C'est une analyse complète car :

En plus des paramètres globaux de qualité (pH, conductivité, TH, TAC,...) il y'a des analyses de paramètres qui peuvent indiquer une pollution par les rejets industriels, urbains ou agricoles.

Les paramètres de pollution sont :

- Matière organique : DCO, DBO₅, Oxy KMnO₄
- Paramètres azotés : Ammoniac (NH₄⁺), Nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻)
- Métaux (Fer, Aluminium, Manganèse)
- Métaux lourds (plomb, chrome, cadmium et Nickel)

2. Deux paramètres nous renseignent sur la minéralisation totale de cette eau :

- **La conductivité** ; sachant que : **minéralisation = conductivité x k**

k ; facteur de correction, avec $k = 0,715920$ donc la minéralisation = $728 \times 0,715920 = 521,18 \text{ mg/l}$

Conductivité = $728 \text{ } \mu\text{S/cm}$; **100 < Cond < 1000 $\mu\text{S/cm}$** → eau moyennement minéralisée

Ceci a été confirmé par le calcul de la minéralisation qui montre que la minéralisation est de $521,18 \text{ mg/l}$

Les normes de l'OMS admettent comme valeur maximale 1500 mg/l

- **Résidu sec à 105°C** : éléments minéraux dissous. Résidu sec à $105 \text{ }^\circ\text{C} = 684 \text{ mg/l}$

3. **TA** (titre alcalimétrique) : la concentration en hydroxyde (OH⁻) et les carbonates (CO₃²⁻)

TAF : titre en acide fort

$\text{pH} = 7,6 < 8,3$ TA = 0

$\text{pH} = 7,6 > 4,5$ TAF = 0

Type d'acidité et d'alcalinité

Acidité totale = TAF + [CO₂]

[CO₂] : Acidité faible = $2,40 \text{ }^\circ\text{F}$, puisque TAF = $0 \text{ }^\circ\text{F}$ Acidité totale = Acidité faible = [CO₂] = $2,4 \text{ }^\circ\text{F}$

Alcalinité : TAC = [OH⁻] + [CO₃²⁻] + [HCO₃⁻] ; TA = [OH⁻] + [CO₃²⁻] = $0 \text{ }^\circ\text{F}$

TAC = TA + [HCO₃⁻], D'où TAC = [HCO₃⁻] Alcalinité bicarbonatée

4. Détermination de la valeur de la dureté liée aux chlorures et aux sulfates

Dureté totale = Dureté permanente + Dureté temporaire

TH = TH_{permanente} + TH_{temporaire}

TH_{permanente} = concentration des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ liés aux chlorures et aux sulfates

TH_{temporaire} = concentration des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ liés aux HCO₃⁻ et CO₃²⁻

TH_{eau} ($30 \text{ }^\circ\text{F}$) > TAC_{eau} ($19,7 \text{ }^\circ\text{F}$) Alors la dureté permanente existe

TH_{permanente} = TH - TAC = $30 - 19,7 = 10,3 \text{ }^\circ\text{F}$

5. Les deux méthodes ont pour but l'oxydation chimique de la matière organique mais, le bichromate de potassium utilisé pour la détermination de la DCO est plus puissant pour attaquer certaines molécules organiques que le KMnO₄.

6. $DCO/DBO_5 = 20,5/2,2 = 9,3 > 3$; La majorité de la matière organique est de type non biodégradable et donc proviennent d'une pollution industrielle (autoépuration est difficile).
7. $[O_2] - DBO_5 = 4,6 - 2,2 = 2,4 \text{ mgO}_2 / l < 4 \text{ mgO}_2 / l \rightarrow$ l'eau n'est pas de bonne qualité, l'autoépuration sera difficile.
8. C'est une eau de surface car :
- Turbidité élevée (= 5,8 NTU) \gg 0,5 NTU
 - Présence de l'oxygène dissous
 - Présence d'une quantité élevée de MO
 - NH_4^+ indice de pollution.

9. Bilan ionique

Cations	Concentration (méq/l)	Anions	Concentration (méq/l)
Ca^{2+}	3,65	Cl^-	0,80
Mg^{2+}	2,42	SO_4^{2-}	1,75
Na^+	0,74	NO_3^-	0,15
K^+	0,09	NO_2^-	0,004
NH_4^+	0,03	PO_4^{2-}	0,004
		HCO_3^-	3,94
$\sum [Cations]$	6,93	$\sum [anions]$	6,648

$$\text{Calcul d'erreur (Bilan ionique)} = \frac{|\sum [Cations] - \sum [anions]|}{\sum [Cations] + \sum [anions]} \times 100$$

$$\text{Bilan ionique} = \frac{6,93 - 6,648}{6,93 + 6,648} \times 100 = 2,08\% < 5\% \longrightarrow \text{Le bilan ionique est vérifiée.}$$